

## ⑫ 公開特許公報(A)

平1-143923

⑬ Int. Cl.

G 01 J 5/02  
5/10

識別記号

庁内整理番号

C-7706-2G  
D-7706-2G

⑭ 公開 平成1年(1989)6月6日

審査請求 未請求 発明の数 4 (全9頁)

⑮ 発明の名称 ポロメータ及びその製法

⑯ 特 願 昭62-284424

⑰ 出 願 昭62(1987)11月12日

⑱ 発 明 者 アードン、シエア アメリカ合衆国カリフォルニア州94002、ベルマント、  
コーラニット・ブリヴアード2229番

⑲ 発 明 者 カーリン、セイボ アメリカ合衆国カリフォルニア州94560、ニューアー  
ク、ジョウクイン・ミューリエッタ 6205番シー

⑳ 出 願 人 セイグイン、コーパレ アメリカ合衆国カネティカット州06904-2270、スタムフ  
イシヤン オード、ウエスト・ブロード・ストリート 9番

㉑ 代 理 人 弁理士 中島 宜彦 外1名

## 明 細 書

1. 発明の名称 ポロメータ及びその製法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 支持体と、この支持体に付着させた銅粒子から成る被覆膜とを備え、前記銅粒子を、大気温度又は室温で低沸点の脂肪族炭化水素液体に不溶性であり、70℃以上の温度で軟化することのできる熱可塑性重合体から成る結合剤中にカプセル化し、この結合剤が複数の官能性サイトを持つと共に、少量の電荷ダイレクタを含むようにして成るポロメータ。

(2) 基板と、この基板により支えられた結合剤カプセル化銅粒子から成る層とを包含するポロメータ。

(3) 前記銅粒子として0.2ないし2μmの銅粉末粒子を使った特許請求の範囲第(2)項記載のポロメータ。

(4) 前記結合剤が、カルナウベろうを含む特許請

求の範囲第(2)項記載のポロメータ。

(5) 前記結合剤が、電荷ダイレクタを含む特許請求の範囲第(2)項記載のポロメータ。

(6) 前記結合剤が、カルナウベろうと、電荷ダイレクタとを含む特許請求の範囲第(2)項記載のポロメータ。

(7) (i)多量の銅粒子を、少量の結合剤及び少量の電荷ダイレクタと共に乾式摩砕し、官能性サイトを持つエンカプシュラント中の銅粒子から成る固体チップを作る段階と、(ii)この固体チップを粉砕してチップ小片を形成する段階と、(iii)これ等のチップ小片を多量の低沸点脂肪族炭化水素液体と共に湿式摩砕して懸濁液を作る段階と、(iv)この懸濁液から電気泳動により前記基板にカプセル化銅粒子から成る層を付着する段階とを備えた、ポロメータの製法。

(8) 前記層を電子ビームにより硬化して前記ポロメータを形成する特許請求の範囲第(7)項記載のポロメータの製法。

(9) 特許請求の範囲第(7)項記載の製法により作つ

たポロメータ。

(1) 懸濁液を作るために、低沸点脂肪族炭化水素液体中の重合体だけの粒子の第1の懸濁液を調製する段階と、(2) この第1の懸濁液から電気泳動により基板に前記重合体から成る第1の層を付着させる段階と、(3) 低沸点脂肪族炭化水素液体中の結合剤カプセル化銅粒子の第2の懸濁液を調製する段階と、(4) この第2の懸濁液から電気泳動により、前記結合剤カプセル化銅粒子から成る第2の層を前記第1の層に付着する段階と、(5) 前記各層を電子ビームにより硬化して前記第2の層に能動検出器領域を形成すると共に、この能動検出器領域を支えるように前記第1の層からの少なくとも1つのポストを形成することから成る、ポロメータの製法。

(6) 特許請求の範囲第4項記載の製法により作つたポロメータ。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は、赤外線検出器の分野、ことに新規な種類のポロメータ (thermal detector) に関する。

パイロ電気検出器及びポロメータは共に、これ等が作られる材料の性質によつて雑音がきびしく制限されているので、これ等は応答性が低くなる。従つてこのような装置を高い解像度を持つ結像システムに組み込むことはむずかしい。

本発明の目的は、新規な種類のサーマル・ディテクタ (thermal detector) すなわちポロメータを提供しようとするにある。

本発明の他の目的は、従来のポロメータの欠点を除いたポロメータを提供しようとするにある。

さらに本発明の目的は、従来のポロメータに比べて向上したレスポンスを持つポロメータを提供しようとするにある。

なお本発明の他の目的は、改良したポロメータを作る方法を提供しようとするにある。

以下本発明によるポロメータ及びその製法の実施例を添付図面について詳細に説明する。

第1図に示すように本発明による改良したポロメータを作る本発明製法の実施に当たり、先ず電気泳動により適当な基板に付着させることができ

る。

赤外線技術には、ミサイル防衛から気象学上及び医学上の診断まで広い範囲の用途がある。2つの重要な用途は誘導システム及び偵察装置である。

各赤外線システムの実質的な部分は放射線検出器である。公知の種類の検出器には、光検出器、パイロ電気検出器及びサーマル・ディテクタ (thermal detector) すなわちポロメータがある。光検出器が3  $\mu$  を越える波長で動作するとき、これ等の検出器は、空間を占有し電力を消費する、液体ヘリウム又は液体窒素の装置により冷却しなければならない。温度変化に誘電分極が応答する強誘電体から作られるパイロ電気検出器と、導電率が温度感受性を持つ材料で作られるポロメータとは、このような冷却を必要としない。これ等の検出器やポロメータは大気動作温度で長波長の放射線に応答する。すなわちこれ等は、広い範囲のスペクトル応答を必要とする用途、又はかさばつた冷却剤に対する重量がほとんど許容できない用途に広く使われている。

樹脂カプセル化銅粒子 (resin-encapsulated copper particles) すなわち樹脂中に埋め込まれた銅粒子の懸濁液を調製する。この懸濁液を調製する第1工程において当業界にはよく知られている形式の2本ロール・ゴム・ミル (roll rubber mill) に、100gのカルナウバろう、50gのAC201、50gのAC540及び1800gの10  $\mu$ mの銅を送給する。AC201はエチレン-アクリル酸共重合体のカルシウム塩に対する、アライド・ケミカル・コーポレーション (Allied Chemical Corporation) の商品名である。AC540はロール・ゴム・ミル内の粒子分散を向上させ一層微細な粒子を生成する。AC201は水素結合が曝露された分子を提供する。これ等の分子は、電荷ディレクタ (charge director) が反応する官能性サイト又はフック (functional sites or hooks) を提供する。官能性サイトを制御する他の添加剤はステアリン酸である。AC540は、本質的にかつ自然に結合剤として作用する。官能性サイトを制御するその

他の添加剤には、ステレン-アクリレート共重合体、エチレン-ビニルアセテート-アクリル酸プラス (plus) 共重合体、酸化ポリエチレン、アクリレートエステル重合体、アクリレートエステル-アクリル酸共重合体、ステレン-アリルアルコール共重合体、酸化ポリエチレン重合体及び酸化プロピレン-エチレン共重合体がある。これ等の重合体は結合剤の官能性サイトを制御するように加えるが、これ等の重合体は本来結合剤として作用してもよい。さらに本製法の第1工程で送給される物質はすべて、40℃以下の温度では

ISOPAR 中で不溶性であるか又は溶液和の生じない。銅粒子と、結合剤と、官能性サイトを制御する添加剤とは、ロール・ゴム・ミル内で130℃で1hrにわたりブレンドされる。この時間で銅は均等に分散する。一層高い温度では顔料の分散する時間が短くなる。

冷却時には、樹脂カプセル化銅粒子がクレヨン状の固形物を形成する。この固形物は次いで粉末にされる。次いでこの粉碎工程からの粉末と2800

gのISOPAR-Hとを、摩砕機 (attritor) 中で起る湿式摩砕工程に送給する。粉碎工程により粉末を湿式摩砕するのに必要な時間を短縮するが、ロール・ゴム・ミルから生ずるクレヨン状固形物は、任意所望の手段により一層小さい粒子に粉碎することができるのはもちろんである。この手段により生じる碎片を摩砕機に適宜に送給することができる。次いで封入銅粒子を360hrにわたり湿式摩砕する。この粉碎を一層長くすると、分散が向上し一層小さい平均粒度が得られる。湿式摩砕工程に送給される粉末は、1個又は複数個の樹脂カプセル化銅粒子を含み約3ないし0.5μmの直径を持つ球片から成っている。

湿式摩砕工程に使う無極性の分散剤は、異性化脂肪族炭化水素とくにISOPAR-G、ISOPAR-H、ISOPAR-K、ISOPAR-L及びISOPAR-Mである。これ等のISOPARは、極めて高いレベルの純度を持つ狭いカットのイソパラフィン系炭化水素留分である。たとえばISOPAR-Gの沸点範囲は156℃ないし176℃である。ISOPAR-Lは

約194℃の中央沸点を持つ。ISOPAR-Mは77℃の引火点と338℃の自動発火温度とを持つ。厳密な製造仕様により望ましくない成分たとえば、酸類、カルボキシル及び塩化物を数ppmに制限する。これ等のISOPARは実質的に無臭であり極めておだやかなパラフィン系の臭気を持つだけである。これ等は、すぐれた臭気安定性を持ち、すべてエクソン・コーポレーション (Exxon Corporation) 製のものである。

これ等の分散剤液体はすべて $10^9 \Omega \text{cm}$ を超える電気的体積抵抗率と、30以下の誘電率とを持つ。25℃における蒸気圧は10kPa以下である。望ましいISOPARは、タグ・クローズド・カップ法 (tag closed cup method) により定められる40℃の引火点を持つISOPAR-Gである。ISOPAR-Lは同じ方法により定められる61℃の引火点を持つが、ISOPAR-Mはペンスキー-マルテンズ法 (Pensky - Martens method) により定められる77℃の引火点を持つ。好適とする分散剤を述べたが重要な特性は体積抵抗率及び誘電率であ

る。さらに分散剤の特徴は、ASTM D 1133により定められる27又は28の付近の低いカウリブタノール価である。

存在する添加剤は、官能性サイトの制御剤として作用するだけでなく又、カルナウベろうの熔融粘度を高める。さらにこれ等の物質を橋かけ結合して、付着物を硬い耐久性を持つ表面に硬化することができる。この溶液を使い基板に被覆膜を付着させ、ポロメータを形成しようとするときは、分散液を希釈してこの分散液が液体に対して約5%の固形物含量を持つようにする。電荷ダイレクタとしてトナー固形物1g当たり8gのバリウム・ビストリデビル・スルホサクシネート (barium bistritydebyl sulfosuccinate) を加えて、トナーを $15.6 \text{ p } \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ の導電率に電荷ダイレクタ (charge direct) をする。この場合この物質は、電気泳動により基板に付着する状態になる。明らかに互いに異なる2種類の電荷ダイレクタがある。第1の場合にISOPAR内の電荷ダイレクタは1kHzで測定したときに、この電荷ダイレクタ

をトナー粒子と混合したときに得られる導電率より大きい導電率を持つ。レシテン及びバリウムペトロネート (BaPet) がその例である。第2の場合では ISOPAR 内の電荷ダイレクタは導電率をほとんど持たない。しかしこの電荷ダイレクタをトナー粒子と混合するとき、実質的な導電率が生ずる。バリウム・スルホサクシネート (BaOT) とビストリデビルサクシネートの塩とがこの場合の例である。

好適とする電荷ダイレクタは、トナー粒子がない場合に導電率を持たないものである。過度の導電率は、浴中にトナー粒子の符号と同じ符号を持つイオンの存在によつて生ずる。これ等の望ましくないイオンは、顔料なしでトナー及び付着物の電荷を駆動する同じ電界に反応する。

トナー粒子 (約  $0.5$  ないし  $3.0 \mu$  の半径を持つ) ことの電荷を測定すると、百ないし数百の電荷の範囲になる。これ等の電荷から生ずるゼータ電位は、熱エネルギーに比べて大きい  $1V$  の程度である。これは各トナー粒子の官能性サイトの高い密

荷が変り、浴の性質が劣化する。

電荷ダイレクタを、浸式摩砕工程中に添加することができるか又は付着工程時に分散液に添加することができる。浸式摩砕工程中の電荷ダイレクタの添加により、分散が向上するようになる。理想的な量の電荷ダイレクタにより、顔料粒子の存在する際には同数の負の帯電物を生ずる。すなわち負に帯電した過剰な遊離イオンは存在しない。過剰な数の負のイオンは、液体の導電率を高め、この現像液に連続位相の導電率を加える。使用する電荷ダイレクタの量に上限を定める別の条件がある。対イオンの移動度は、トナー粒子の移動度を越えなければならない。この場合トナー粒子を基板に駆動するようにした外部電界を加えるときは、移動度の高い方の対イオンが先ず応答し、付着基板に隣接する位置に空間電荷の空乏層を残し、反対電極に蓄積する。空乏層の厚さは、印加電圧と、キャリア濃度とによる。空乏層が形成されるときは、この空乏層は、トナー粒子を基板上に駆動するように電界が存在する領域にすぎない。次

度 (約  $10^4$  ないし  $10^6$  の点) と、電荷ダイレクタ分子との化学反応の性質とによつて可能になる。

分散の安定性は、トナー粒子ごとの大きい電荷により生ずる。同様に帯電したトナー粒子間の反発力により、離隔距離が大きいときにこれ等のトナー粒子を離れた状態に保つ。又パンパとして作用する (立体障害を生ずる) 長い分子により、各トナーの表面を、誘導双極子吸引相互作用 (induced dipole attractive interaction) が効力を生じアグロメレーションを生ずるのに十分なだけ、各トナーの表面が相互に密接に近接するのを妨げる。クーロン反発相互作用 (coulomb repulsive interaction) は、各トナー粒子間の離隔距離の逆数に比例して変化するが、電荷誘導双極子吸引相互作用は、これ等のトナー粒子の離隔距離の逆数の4乗に比例して変化する。各トナー粒子が互いに十分に離れた状態に留まる間は、反発相互作用が優勢であり、分散が安定である。各トナー粒子が凝集し始めるとこれ等のトナー粒子のキャパシタンスが変り、トナー粒子ごとの電

いでトナー粒子は、空間電荷に制限された電流条件の影響のもとに基板表面に移動する。このことは、この場合に表面に到達するトナー粒子の空間分布が乱雑な粒子分布より一層均等であるから望ましい。このようにして得られる膜は一様で平滑であり、ピンホールを含まない。多すぎる電荷ダイレクタを使いトナー粒子の移動度が対イオンの移動度を越える場合には、これ等のトナー粒子は空間電荷に制限された電流条件のもとでは基板表面に付着しない。

付着工程は、電荷ダイレクタされた (charge-directed) 樹脂カプセル化鋼粒子を約5重量%含む浴内で実施される。被覆される粒子の粒度分布は変化する。しかし小さい粒子と大きい粒子との移動度は、フック (hook) 密度が粒度に無関係であれば互いにほぼ同じである。大きい粒子の方が一層多い電荷を蓄積するが、これ等の粒子は小さい方の粒子より一層高い粘性引力を持つ。これに反して小さい方の粒子は一層少ない電荷を持つが、分散液中を移動する間に受ける粘性引力は

一層低い。この結果として、粒度は自己補償性を持つ。粒子の流動速度は印加電界の関数である。この電界が強いほど、それだけ流動速度が早くなる。印加電界の電位を変えることにより、付着層の厚さを制御することができる。たとえば金属円板に付着する場合には、400Vないし1000Vの電位を使い、この金属板を正の電極に接続する。電界を受ける時間は0.001ないし1秒の間で変える。マイラ(Mylar)・テープのような絶縁担体に付着させようとするときは、このマイラ・テープに正電極を接続し約1000Vの電圧を印加する。この場合にも又付着物の厚さは、担体が電界中にある時間の長さによつて制御される。或は先ず基板にコロナ帯電処理を実施し、この帯電した媒体を、この媒体にトナーが引付けられる現像領域を通すことにより、絶縁体を形成してもよい。

付着工程は前記したように、電位を印加し帯電粒子を基板に付着させることにより実施する。この被覆膜の厚さは、浴中の固形物の濃度の関数で

結合剤を凝固させる。

#### 例 I

第1図について前記した手順を実施し、100gのカルナウバろう、50gのAC201、50gのAC540、1800gの10 $\mu$ m銅粉末及び2800gのISOPAR Hを使つて作った標準の調合品を作つた。この標準調合品の5%固体の懸濁液8gのバリウム・ピストリザビル・スルホサクシネートを加え、トナーを15.6 p $\Omega^{-1}$ -cm $^{-1}$ に電荷ダイレクト(charge direct)するようにした。銀ペイント及びスーパー(super)にかわを線部のまわりに付けてアルミニウム止め金具に付着させた6 $\mu$ mのマイラに付着が行なわれた。この付着は、電極間隔を2mmにして1000Vで0.2秒にわたり行なわれた。清浄なISOPARで洗浄した後、この付着物を150℃に加熱し次いで冷却した。この構造に接点として金を蒸着し、銀ペイントで金線を収付け、作ろうとする試料Aの抵抗測定ができるようにした。付着物質の量は3.2gであつた。

あるだけでなく、又電圧及び時間の関数としても変化する。カプセル化粒子の浴は、付着工程に十分な時間を与えることにより現像電極及び基板の間で完全に消費することができる。動作電圧を加える時間長さは0.1秒ないし2秒又はそれ以上の間で変える。

基板への付着は互いに異なる若干の方法で実施できる。第2図では現像電極2は基板4に平行に位置させられ、基板4から0.1ないし5mmだけ隔てられる。この離隔距離は、通常1mmにする。この組合せは次いで容器3内のトナー浴6内に挿入される。電源8からの電圧パルス、スイッチ5を閉じることにより所定の時間だけ印加する。次いでこの組合せを浴6から取出し、現像電極を基板から隔離し、そして基板を純粋ISOPAR内に浸し、基板を取り出し表面上に空気ナイフ(図示してない)を通すことにより過剰な液体を除く。次いでこの基板をこれがおお覆つている間に加熱器(図示してない)上に置き、その温度を結合剤の溶融点まで高め、次いでこの溶融点以下に下げて

#### 例 II

材料の電子ビーム・レジスト特性を向上するように、追加の結合剤を加えた。75%のCn及び25%の追加の結合剤を使い分散液を得たが、この場合75% Cnは、標準の調合品の5%固体の懸濁液である。又追加の結合剤は、50%のカルナウバろう及び50%のAC540から成る1重量%の固体を含む。この材料は、8gのバリウム・ピストリザビル・スルホサクシネートを加えることにより、13.4 p $\Omega^{-1}$ -cm $^{-1}$ に電荷ダイレクトされた。この懸濁液を使い、電極間隔を3mmとし0.2秒にわたり2000Vを加えて、かきまぜ作用を加えないトナー浴から6 $\mu$ mのマイラに2種類の試料B、Cを付着した。この結果得られた試料を、純粋ISOPARで洗浄し、93℃に加熱して冷却した。

例Iに述べたようにして第5図の簡略化した回路を使い、 $R_{25}$ を基準値として、各試料の抵抗値を若干の温度に対し計測し、各温度ごとに3回の計測を行つた。その成績は次の表に記載してある。

この表で各点において与えられる抵抗は $\Omega$ で測つた3回の計測値の平均である。

$T(^{\circ}\text{C})$	$\frac{1}{T} (^{\circ}\text{K} \times 10^{-3})$	$R_A$	$R_B$	$R_C$
25	3.35	$1.1 \times 10^8$	$7.33 \times 10^8$	$9.33 \times 10^8$
30	3.30	$8.7 \times 10^8$	$5.3 \times 10^8$	$6.87 \times 10^8$
40	3.19	$4.67 \times 10^8$	$2.8 \times 10^8$	$3.77 \times 10^8$
50	3.10	$2.67 \times 10^8$	$1.53 \times 10^8$	$2.13 \times 10^8$
60	3.00	$1.7 \times 10^8$	$9.53 \times 10^7$	$1.33 \times 10^8$
70	2.92	$1.17 \times 10^8$	$6.93 \times 10^7$	$9.3 \times 10^7$
80	2.83	$7.77 \times 10^7$	$5.2 \times 10^7$	$7.3 \times 10^7$

結合剤の重要な特性は、これ等がすぐれた電子ビーム・レジストであり、これ等にマイクロメータ・フィーチャ・サイズ (micrometer feature size) でパターンを記録することができる。レジストは高い $\Gamma$ を持ち、後述のポロメータの構造の調製を容易にする。

第3図に示すように基本的な改良されたポロメータ10を基板12上に形成する。基板12はたとえばこのポロメータに協働させようとするサー

純粋の重合体層の付着は、たとえば第2図に示した装置で電気泳動により行なわれる。付着の条件を、厚さ $h$ の純粋の重合体層が生ずるように調整する。

純粋の重合体層の付着したときに、樹脂カプセル化銅粒子層を前記したようにして付着させ、厚さ $w$ の層を形成する。次いでこの試料を洗浄し加熱する。

基本的なポロメータ10を形成する次の工程では、電子ビーム法により試料を硬化する。その際に各脚すなわちポスト14, 16, 18は、その高さ $h$ が膜すなわち頂部20の厚さ $w$ より大きくなるように十分に高い電子ビーム電圧でリトン (written) される。各脚を硬化した後、一層低いビーム電圧を使い頂部20はリトンされる。このビーム電圧の電子範囲は $w$ である。電子ビームに露出した後、パターンは超音波浴で現像される。この場合化学反応は起らない。単一の基本的ポロメータの形成について図示し説明したが實際上多数のこのような基本的なデバイスが単一の基板に

キットリを支えるシリコン・チップでよい。ポロメータ10は複数の脚を備えている。これ等の脚のうち3本の脚14, 16, 18を図示してある。これ等の脚は純粋な重合体で形成される。各脚14, 16, 18は、ポロメータの頂部20を基板12に対し間隔を置いた関係に支える。頂部20は、樹脂カプセル化銅粒子 (resin-encapsulated copper particle) [樹脂中に埋め込まれた銅粒子] から形成してある。頂部20の各端部の接点22, 24は、たとえば脚14, 16に沿って延びる導線26により基板12に接続してある。

本発明による基本的なポロメータ10を作るには、樹脂カプセル化銅粒子層の付着に先だつて基板12に純粋重合体を付着することが必要である。又第1図に示すように予備の純粋の重合体析出を生じさせるには先ず純粋の重合体懸濁液を調製する。この調製は、銅粒子を含有していないことを除いて、樹脂カプセル化粒子懸濁液の調製に関して前記した工程を実施することによつて行い。

形成されるのは明らかである。

本発明者は研究の結果、直径が3ないし0.5  $\mu\text{m}$ の範囲の銅粒子を有機結合剤に混合して形成した頂部20の形成材料が熱的に活性化した抵抗率を持つことが分つた。

$$(1) \quad \rho(T) = \rho_{\infty}(-T_c/T)$$

この式で $\rho_{\infty}$ は無限の温度を反映する抵抗率であり、 $T_c$ は特有の活性化温度である。第6図は代表的なデータセットを示す。量 $\rho_{\infty}$ は、銅粒度と顔料対結合剤比とに依存する。とくに $\rho_{\infty}$ は、粒度の減小に伴い又は粒子対結合剤比の増加に伴つて減小する。活性化温度 $T_c$ は、粒子間で接点においてキャリアが移動しないようにする障壁の測定値である。銅に対してはこの測定値 $T_c$ は、各試料を調製する方法に従つて3000°Kないし4800°Kの範囲である。

正弦波状に変化する放射線源に反応して、第5図の単純な回路に抵抗 $R$ を接続した装置の電圧レスポンス $V_o$ の値は次の式により与えられる。

$$(2) \quad V_s = \frac{T_c}{T} \cdot \frac{R}{R+R_R} \cdot V \cdot \frac{\Delta T}{T}$$

この式で  $R_R$  は基準抵抗であり、 $V$  は直列回路への印加電圧であり、 $\Delta T$  は被変調入射放射線により生ずるこの装置の温度変化の値である。量  $(T_c/T)$  は、 $T$  に比例して変化する特性を持つ機構から得られる値に対して信号を高める利得率を表わす。本発明者は試験の結果、 $T_c \geq 3000^\circ\text{K}$  であり、従つて  $T \approx 300^\circ\text{K}$  に対して利得率は約 10 であることが分つた。この利得率は、これ等の装置により示される向上した応答性の 1 つの要因である。

第 3 図に例示した構造においては、吸収される入射放射線に回答する層すなわち頂部 20 は極めて薄く約  $1 \mu\text{m}$  である。従つて頂部 20 は単位面積当たりの熱容量が極めて小さい。さらに各脚 14, 16, 18 は低い熱伝導率を持つから、頂部 20 は基板 12 から十分に絶縁される。すなわち式 (2) の量  $\Delta T/T$  は大きくて、これ等の装置の別の利点になる。

このようにして新しい種類の正規化検出能が次のように定義される。

$$(6) \quad D^* = \frac{\Delta I}{I_0} \cdot \frac{(4f)^{\frac{1}{2}}}{P} \cdot \left(\frac{1}{L}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{T_c}{T} \cdot \frac{V}{\sqrt{4kT\omega}} \cdot \frac{1}{C_v T \omega}$$

$$\begin{aligned} T_c &= 2000 \text{ K} & \omega &= 2\pi \text{ rad} \approx 300 \text{ K} \\ T &= 300 \text{ K} & w &= 1 \mu\text{m} \\ V &= 1 \text{ V} & \omega &= 2\pi \times 10 \approx 60 \text{ Hz} \\ k &= 1.38 \times 10^{-23} \text{ ジュール/}^\circ\text{K} & C_v &= 2 \text{ ジュール/}^\circ\text{cm}^2 \end{aligned}$$

であるとした場合に、

$$(7) \quad D^* \approx 2 \times 10^9 \left( \frac{\text{cm}^2 \cdot \text{Hz}}{\text{W}} \right)$$

$1/L = 1/10$ 、 $P = 10^{-9} \text{ W/cm}$  として  $4f = 1 \text{ Hz}$  と仮定すれば、SN 比は次のようになる。

$$(8) \quad \frac{\Delta I}{I_0} \approx 7$$

これは  $10^{-9} \text{ W/cm}$  を検出できることを指示し、従つて本発明ポロメータ本体はすぐれた検出器である。

雑音は十分に高いから、 $V_n = \sqrt{4kTR\Delta f}$  を限度

例示したようなブリッジ構造を考えると、強さ  $P \text{ W/cm}$  を持つ放射線を  $\omega$  ラジアン/sec の周波数で変調した場合に電流信号対雑音比は次の式により与えられる。

$$(3) \quad \frac{\Delta I}{I_n} = \frac{T_c}{T} \cdot \frac{V}{\sqrt{4kTR\Delta f}} \cdot \frac{\Delta T}{T}$$

この式で  $\Delta f$  は本発明ポロメータの後段の前置増幅器の帯域幅である。又高周放限界においては被変調放射エネルギーに匹敵する温度振幅の第 1 調波振幅は次の通りである。

$$(4) \quad \Delta T = \frac{P(Ll)}{C_v(Llw)\omega} = \frac{P}{C_v w \omega}$$

この式で  $C_v$  はポロメータ本体の単位体積当たりの熱容量である。

式 (3) 及び式 (4) を組合せると次の式が得られる。

$$(5) \quad \frac{\Delta I}{I_0} = \frac{T_c}{T} \cdot \frac{V}{\sqrt{4kT\theta \frac{L}{1} w}} \cdot \frac{1}{C_v T \omega}$$

として取り上げるのは実験的である。与えられた数値に対して

$$(9) \quad V_n = \sqrt{\frac{4kT\theta L}{lw}} \cdot \Delta f = 3.3 \times 10^{-9} \text{ V}$$

第 3 図に示したような装置に対する重要な考え方は、各支持脚による伝導と放射とに基づく周回及び活性検出器間の熱エネルギー交換の相対割合である。第 3 図に示した装置の各寸法を次のようにする。

$$\begin{aligned} l &= 10 \mu\text{m} \\ L &= 5 \mu\text{m} \\ b &= 5 \mu\text{m} \\ w &= w_p = 1 \mu\text{m} \end{aligned}$$

応用物理学会誌 (J. Appl. Phys) 第 55 巻第 5 号 (1984 年 3 月 1 日刊行) 第 1243 ないし 1250 頁のリン・イー・ガーン (Lynn E. Garn) を著者とする論文「温度検出器の基本的雑音限度 (Fundamental Noise Limits of Thermal

Detectors)』に記載されてある記号を使うと、放射線界に基づく単位面積当たりの熱コンダクタンスは次のようになる。

$$(10) \quad g_{rf} = 4\epsilon_f \sigma T^3 = 6 \times 10^{-4} \text{ W cm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

その理由は  $T = 300^\circ\text{K}$ 、 $\epsilon_f = 1$  として、 $\sigma$  はステファン・ボルツマンの定数であるからである。

放射線界に基づく全熱コンダクタンス  $g_{rf}$  ( $\text{W } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) は次の通りである。

$$(11) \quad g_{rf} = 2.1Lg_{rf}$$

活性区域から4本の脚を経て基板に達するエネルギーの全熱コンダクタンス  $g_c$  ( $\text{W } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) は次の通りである。

$$(12) \quad g_c \cong \kappa b / 4w p^2$$

この式で  $\kappa$  は脚の材料の熱伝導率である。重合体材料に対する  $\kappa$  は次の通りである。

$$(13) \quad \kappa = 4 \times 10^3 (\text{W } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ cm}^{-1})$$

単位体積当たり熱容量である。前記の場合と同じ次元数を使うと、 $\tau \cong 10^{-5} \text{ s}$  である。 $0.17 \text{ eV}$  の活性化エネルギーに対応する  $4 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$  の空乏の材料抵抗率及び  $3000^\circ\text{K}$  の活性化温度では、第3図に示した装置は  $8 \times 10^5 \Omega$  の抵抗を持ち、これは許容できる値である。熱時定数 (thermal time constant)  $\tau$  は幾何学的形状を調整することにより制御することができる。全部の寸法を8の割合で減らすと、 $\tau$  は  $8^2$  に比例して減少する。

抵抗率が温度の指数関数として変化することによつて、これ等の装置の応答性は高い。高い応答性は、最高検出能は増大させないが、最高の  $D^*$  に達することができ増幅器の雑音指数に対する束縛が一層低くなる。

このようにして本発明の目的が達成できるのは明らかである。本発明により新規な種類のボロメータを提供することができた。本発明ボロメータは大気温度で長い波長の放射線に応答する。本発明ボロメータは従来のボロメータに比べて向上し

前記した次元数を使うと、

$$(14) \quad g_c / g_{rf} \cong \frac{\kappa}{g_{rf} l} \left( \frac{2w p^2}{nL} \right) \cong 300$$

式(14)から、熱伝導損失は放射損失よりはるかに大きい、この熱伝導損失は絶対基準ではなほ小さいことが明らかである。前記のガーンの論文から誘導した第4図は、 $g = 300 g_{rf}$  値がなほ  $10^3 \text{ cm}^{-1} \text{ Hz}^{\frac{1}{2}} \text{ W}^{-1}$  を越える検出能に対応することを示す。

活性区域間の離隔距離が  $25 \mu\text{m}$  であり、基板及び活性区域間の各ポストすなわち脚を通る弱い熱リンクを持つ多素子構造を考えると、 $\epsilon_b \cong 2 \times 10^{-6} \text{ W } ^\circ\text{C}^{-1}$  よりかなり低い有効性  $\epsilon_b$  があり、これは各素子間に  $25 \mu\text{m}$  の離隔距離を持つ多素子デバイスが可能であることを示す。

温度時定数  $\tau$  は次の式で与えられる。

$$(15) \quad \tau \cong C_v l L w / g_c$$

この式で  $C_v$  は  $2$  (ジュール  $^\circ\text{C}^{-1} \text{ cm}^{-3}$ ) の

たレスポンスを持つ。又本発明による改良したボロメータを作る製法も得られたわけである。

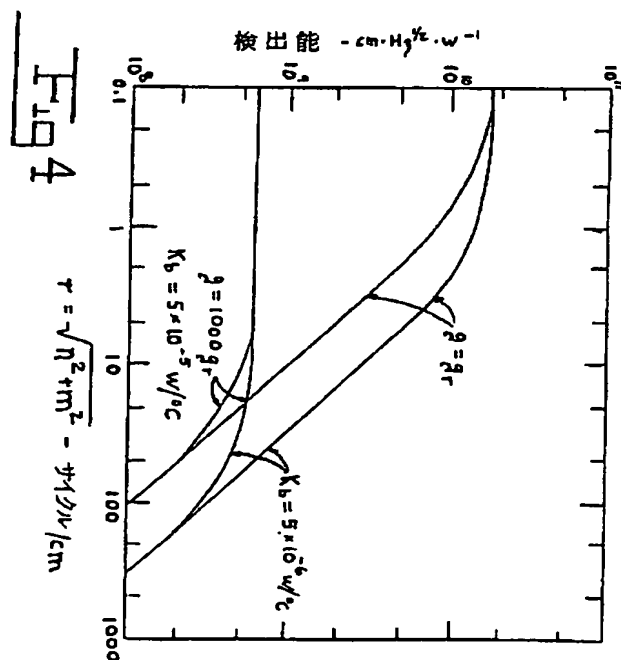
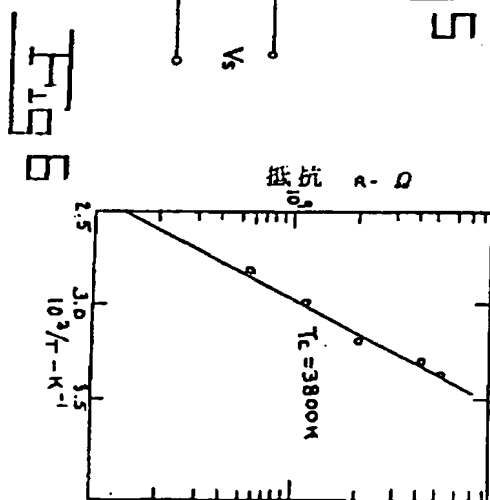
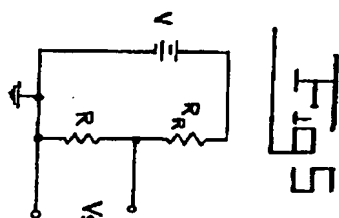
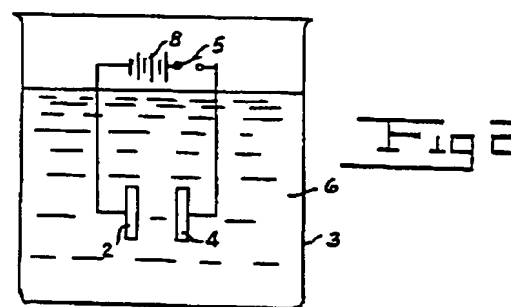
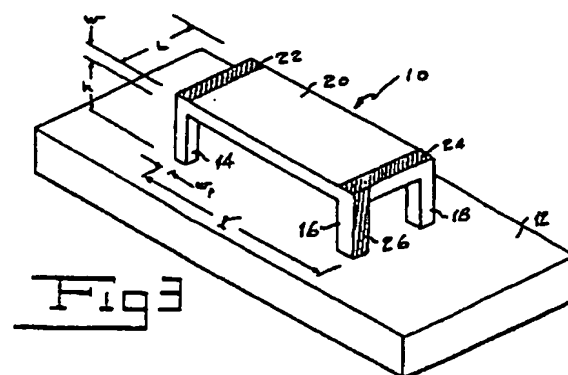
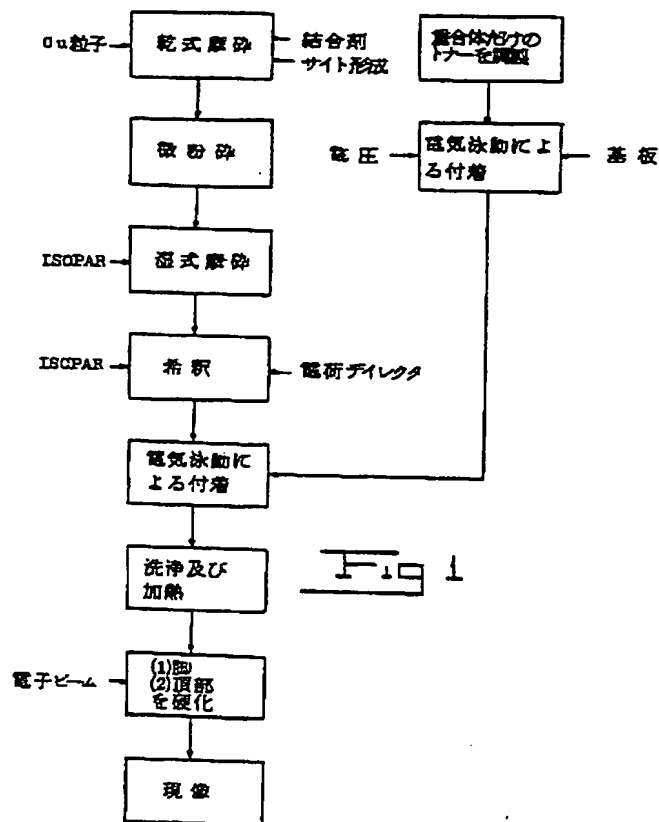
以上本発明をその実施例について詳細に説明したが本発明はなほその精神を逸脱しないで種種の变化変型を行うことができるのはもちろんである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による新規な種類のボロメータの1実施例を作る製法を示す流れ図、第2図は本発明によるボロメータの製法の1工程を実施するのに使う装置の解図的側面図、第3図は本発明ボロメータの構造例を示す斜視図、第4図は温度-雑音限定検出器材料の理論的検出能  $D^*$  を示す1連の曲線の線図、第5図は本発明ボロメータをその抵抗を計測するように接続できる単純な直列抵抗回路の概略図、第6図は本発明ボロメータに対する温度の関数としての計測抵抗値のプロット線図である。

4…基板、6…懸濁液、12…基板、14、16、18…脚、20…頂部





**THIS PAGE BLANK (USPTO)**